

# Iron-base sintered powder metal body, its manufacture and manufacture of high-strength high-density iron-base sintering assembly

**Patent number:** CN1344814  
**Publication date:** 2002-04-17  
**Inventor:** NAOMICHI NAKAMURA (JP); SUBURU UENOSONO (JP); SHIGE UHA (JP)  
**Applicant:** KAWASAKI STEEL CO (JP)  
**Classification:**  
 - International: C22C33/02; C22C38/00; B22F3/10  
 - European: C22C33/02; C22C33/02H  
**Application number:** CN20010141114 20010831  
**Priority number(s):** JP20000263928 20000831; JP20010015655 20010124

Also published as:

EP1184476 (A2)  
 US6514307 (B2)  
 US2002048526 (A1)  
 EP1184476 (A3)  
 CA2355562 (A1)

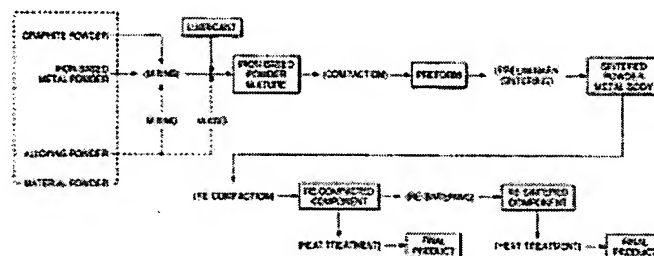
Report a data error here

Abstract not available for CN1344814

Abstract of corresponding document: **EP1184476**

A sintered iron-based powder metal body with outstandingly lower re-compacting load and having a high density and a method of manufacturing an iron-based sintered component with fewer pores of a sharp shape and having high strength and high density, the method comprising mixing, an iron-based metal powder containing at most about 0.05% of carbon, at most about 0.3% of oxygen, at most about 0.010% of nitrogen, with at least about 0.03% and at most about 0.5% of graphite powder and a lubricant, preliminarily compacting the mixture into a preform, the density of which is about 7.3 Mg/m<sup>3</sup> or more, and preliminarily sintering the preform in a non-oxidizing atmosphere in which a partial pressure of nitrogen is about 30 kPa or less at a temperature of about 1000 DEG C or higher and about 1300 DEG C or lower, thereby forming a sintered iron-based powder metal body with outstandingly lower re-compacting load and having high deformability, the density of which is about 7.3 Mg/m<sup>3</sup> or more and which contains at least about 0.10% and at most about 0.50 of carbon, at most about 0.010% of oxygen and at most about 0.010% of nitrogen, and which comprises at most about 0.02% of free carbon, and, further applying re-compaction and re-sintering and/or heat treatment thereby forming a sintered component, as well as the method alternatively comprising applying preliminary sintering in an atmosphere with no restriction of the nitrogen partial pressure and then annealing instead of the sintering step, thereby obtaining a sintered iron-based powder metal body with the nitrogen content of at most about 0.010%.

FIG. 1



[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

C22C 33/02

C22C 38/00 B22F 3/10

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01141114.7

P03A/M-112CN

[43] 公开日 2002 年 4 月 17 日

[11] 公开号 CN 1344814A

[22] 申请日 2001.8.31 [21] 申请号 01141114.7

[30] 优先权

[32] 2000.8.31 [33] JP [31] 263928/00

[32] 2001.1.24 [33] JP [31] 15655/01

[71] 申请人 川崎制铁株式会社

地址 日本兵库县

共同申请人 株式会社伏尼希雅杰克斯

[72] 发明人 中村尚道 上之~~蘭~~聪 宇波繁

藤长政志 吉村隆志 饭~~嶋~~光正

小泉晋 安间裕之 幡井康雄

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 卢新华 王其源

权利要求书 5 页 说明书 38 页 附图页数 2 页

[54] 发明名称 铁基烧结粉末金属体,其制法及高强高密度铁基烧结组件的制法

[57] 摘要

一种再压实载荷明显更低且密度高的烧结铁基粉末金属体,以及一种制造 尖锐状孔更少且高强度和高密度的铁基烧结压坯的方法,该法包括将含 $\leq 0.05\%$  碳, $\leq 0.3\%$  氧, $\leq 0.010\%$  氮的铁基金属粉末与 $\geq 0.03\%$  或 $\leq 0.5\%$  的石墨粉末和润滑剂混合,预先将该混合物压实成预成型品,其密度 $\geq 7.3\text{Mg/m}^3$ ,并在非氧化气氛中进行预烧结,该气氛中,在温度 $\geq$  约 $1000^\circ\text{C}$  至约 $\leq 1300^\circ\text{C}$  时,氮的分压为 $\leq 30\text{kPa}$ ,从而形成再压实载荷明显更低且变形性高的烧结铁基粉末金属体,其密度为 $\geq 7.3\text{Mg/m}^3$ ,并且其含 $\geq 0.10\%$  且 $\leq 0.50\%$  碳, $\leq 0.010\%$  氧和 $\leq 0.010\%$  氮,并 其含 $\leq 0.02\%$  游离碳,进一步进行再压实和再烧结和/或热处理,从而形成烧结压坯,并且该方法另外包括在对氮气分压无限制的气氛中进行预先烧结,然后以退火代替烧结步骤,从而获得氮含量 $\leq 0.010\%$  的烧结铁基粉末金属体。

知识产权出版社出版

ISSN 1008-4274

## 权 利 要 求 书

- 1.一种铁基烧结粉末金属体，其密度约 $7.3 \text{ Mg/m}^3$ 或更高，其组成为，  
至少约 0.10质量%且最多约0.50质量%的碳，  
5 最多约0.3质量%的氧，和  
最多约0.010质量%的氮，并且  
其余为铁和不可避免的杂质，而且  
其含有最多约0.02质量%的游离碳。
- 2.一种铁基烧结粉末金属体，其密度约 $7.3 \text{ Mg/m}^3$ 或更高，其组成为，  
10 至少约 0.10质量%或最多约0.50质量%的碳，  
最多约0.3质量%的氧，和  
最多约0.010质量%的氮，  
选自下列一组的至少一种元素：  
最多约1.2质量%的锰，  
15 最多约2.3质量%的钼，  
最多约3.0质量%的铬，  
最多约5.0质量%的镍，  
最多约2.0质量%的铜，和  
最多约1.4质量%的钒，并且  
20 其余为铁和不可避免的杂质，而且  
其含有最多约0.02质量%的游离碳。
- 3.一种铁基烧结粉末金属体的制造方法，其包括如下步骤：  
将至少  
组成如下的铁基粉末，  
25 最多约0.05质量%的碳，  
最多约0.3质量%的氧，  
最多约0.010质量%的氮，并且  
其余为铁和不可避免的杂质，  
与占铁基粉末和石墨粉末总重量至少约0.03质量%且最多约0.5质量%的石  
30 墨粉末，以及选择性的，

占铁基粉末和石墨粉末总重量100重量份的至少约0.1重量份且最多约0.6重量份的润滑剂混合，

制成铁基粉末混合物，

将所述铁基粉末混合物压实成密度约 $7.3 \text{ Mg/m}^3$ 或更高的预成型品，并将  
5 所述预成型品在非氧化气氛中预先烧结，该气氛中氮的分压为约30 kPa或更低，并且温度超过约 $1000^\circ\text{C}$ 且最高约 $1300^\circ\text{C}$ 。

4.一种铁基烧结粉末金属体的制造方法，其包括如下步骤：

将至少

组成如下的铁基粉末，

10 最多约0.05质量%的碳，

最多约0.3质量%的氧，

最多约0.010质量%的氮，并且

其余为铁和不可避免的杂质，

与占铁基粉末和石墨粉末总重量至少约0.03质量%且最多约0.5质量%的石  
15 墨粉末，以及选择性的，

占铁基粉末和石墨粉末总重量100重量份的至少约0.1重量份且最多约0.6重量份的润滑剂混合，

制成铁基粉末混合物，

将所述铁基粉末混合物压实成密度约 $7.3 \text{ Mg/m}^3$ 或更高的预成型品，并将  
20 所述预成型品在超过约 $1000^\circ\text{C}$ 且最高约 $1300^\circ\text{C}$ 的温度中预先烧结，并将该预先烧结的预成型品退火。

5.权利要求4所述铁基烧结粉末金属体的制造方法，其中在至少为约 $400^\circ\text{C}$ 且最高约 $800^\circ\text{C}$ 的温度进行所述退火。

6.权利要求4 所述铁基烧结粉末金属体的制造方法，其中所述预先烧结是在  
25 在非氧化气氛中进行的，该气氛中氮的分压约为95 kPa或更低。

7.权利要求3或4所述铁基烧结粉末金属体的制造方法，其中所述铁基粉末进一步包含选自下列一组中的至少一种元素：

最多约1.2质量%的锰，

最多约2.3质量%的铝，

30 最多约3.0质量%的铬，

最多约5.0质量%的镍，  
最多约2.0质量%的铜，和  
最多约1.4质量%的钒。

8.权利要求3或4所述铁基烧结粉末金属体的制造方法，其中所述铁基粉末  
5 是部分合金的钢粉末，其中选自以下一组：

最多约1.2质量%的锰，  
最多约2.3质量%的铝，  
最多约3.0质量%的铬，  
最多约5.0质量%的镍，  
10 最多约2.0质量%的铜，和

最多约1.4质量%的钒的一种或多种元素被作为合金颗粒部分地分散并粘合  
到所述铁基粉末颗粒的表面。

9.一种铁基烧结组件的制造方法，其包括如下步骤：

将至少  
15 组成如下的铁基粉末，  
最多约0.05质量%的碳，  
最多约0.3质量%的氧，  
最多约0.010质量%的氮，并且  
其余为铁和不可避免的杂质，

20 与占铁基粉末和石墨粉末总重量至少约0.03质量%且最多约0.5质量%的石  
墨粉末，以及选择性的，

占铁基粉末和石墨粉末总重量100重量份的至少约0.1重量份且最多约0.6重  
量份的润滑剂混合，

制成铁基粉末混合物，

25 将所述铁基粉末混合物压实成密度约7.3 Mg/m<sup>3</sup>或更高的预成型品，并将  
所述预成型品在非氧化气氛中预先烧结，该气氛中氮的分压为约30 kPa或更低，  
并且温度超过约1000℃且最高约1300℃，制成烧结粉末金属体，重新压实所述  
烧结粉末金属体，制成再压实组件，并将所述再压实组件再次烧结和/或进行热  
处理。

30 10.一种铁基烧结组件的制造方法，其包括如下步骤：

将至少

组成如下的铁基粉末，

最多约0.05质量%的碳，

最多约0.3质量%的氧，

5 最多约0.010质量%的氮，并且

其余为铁和不可避免的杂质，

与占铁基粉末和石墨粉末总重量至少约0.03质量%且最多约0.5质量%的石墨粉末，以及选择性的，

10 占铁基粉末和石墨粉末总重量100重量份的至少约0.1重量份且最多约0.6重量份的润滑剂混合，

制成铁基粉末混合物，

15 将所述铁基粉末混合物压实成密度约7.3 Mg/m<sup>3</sup>或更高的预成型品，并将所述预成型品在超过约1000°C且最高约1300°C的温度中预先烧结，将该预先烧结的预成型品退火，制成烧结粉末金属体，重新压实所述烧结粉末金属体，制成再压实组件，并将所述再压实组件再次烧结和/或进行热处理。

11.权利要求10所述铁基烧结组件的制造方法，其中在温度至少约400°C且最高约800°C进行所述退火。

12.权利要求10所述铁基烧结组件的制造方法，其中在非氧化气氛中进行所述预先烧结，该气氛中氮的分压约为95 kPa或更低。

20 13.权利要求9或10所述铁基烧结组件的制造方法，其中所述铁基粉末进一步包含选自以下一组的至少一种元素：

最多约1.2质量%的锰，

最多约2.3质量%的钼，

最多约3.0质量%的铬，

25 最多约5.0质量%的镍，

最多约2.0质量%的铜，和

最多约1.4质量%的钒。

14.如权利要求9或10铁基烧结组件的制造方法，其中所述铁基粉末是部分合金的钢粉末，其中选自以下一组：

30 最多约1.2质量%的锰，

最多约2.3质量%的钼,  
最多约3.0质量%的铬,  
最多约5.0质量%的镍,  
最多约2.0质量%的铜, 和

- 5 最多约1.4质量%的钒的一种或多种元素被作为合金颗粒部分地分散并粘合到所述合金钢粉末颗粒的表面。



质包括含量分别低于上述下限的Mn、Mo、Cr、Ni、Cu和V。作为其它杂质，例如可允许有至多约0.1质量%或更少的磷，最多约0.1质量%的硫和最多约0.2质量%的硅。从工业化生产率上考虑，这些杂质元素的含量下限可定义在约0.001质量%的磷，约0.001质量%的硫和约0.01质量%的硅。在含有上述之外的其它杂质元素和添加元素的情况下，优选该烧结粉末金属体组合物中含有至少约85%的铁，以便在再压实时保持压实载荷更低，并确保该再烧结体的强度。

游离石墨：约0.02%或更少

本发明的烧结铁基粉末金属体通过压实和预先烧结一种铁基粉末混合物获得，该混合物通过混合至少铁基金属粉末、石墨粉末和选择性润滑剂制成，该烧结铁基粉末金属体具有一种结构，其中石墨扩散到铁基金属的基质中，并且基本上无游离石墨（未扩散到该基质中的石墨）出现。根据本发明的烧结铁基粉末金属体中，通过控制预先烧结的条件，游离石墨基本上减少为零，即，约0.02质量%或更少。也就是说，通过压实和预先烧结，石墨粉末几乎都扩散进铁基金属粉末中，其在基质中作为一种固体溶液存在，或以被沉淀的碳化物形式存在，而几乎不作为游离石墨残留。当游离石墨的量超过约0.02质量%时，在再压实过程中，石墨颗粒沿着金属流动方向延伸而形成石墨延伸层的现象变得明显。因此，当石墨扩散到铁基金属基质中并在再烧结时散逸时，石墨延伸层的轨迹保留下来成为拉长的孔隙。该拉长孔隙在烧结体中成为缺陷，有时会降低其强度。因此将游离石墨限制在约0.02质量%或更低。

图2示意说明本发明铁基烧结粉末金属体结构的一个实例。该烧结粉末金属体的结构包括做为主相的铁素体相（F），其中在石墨扩散的区域一同出现了珠光体相（P）。通过将预先烧结条件控制在本发明的范围内，能将该烧结粉末金属体的硬度控制在不妨碍再压实的程度。

根据本发明的烧结铁基粉末金属体，其密度约为7.3 Mg/m<sup>3</sup>或更高。通过在使预成型品的密度为约7.3 Mg/m<sup>3</sup>或更高的条件下将该铁基粉末混合物压实成预成型品，各个铁基金属粉末颗粒之间的接触面积增加，并且以面接触方式进行的材料扩散在很宽范围占优势。因此，获得大延伸和高变形性的烧结粉末金属体。该密度更优选约7.35 Mg/m<sup>3</sup>或更高。该烧结金属体的密度越高，越优选，但鉴于模具寿命等成本限制，实用的密度上限确定为约7.8 Mg/m<sup>3</sup>。更实际地，合适的密度范围是从约7.35 Mg/m<sup>3</sup>到约7.55 Mg/m<sup>3</sup>。



最多约3.0质量%的铬，  
最多约5.0质量%的镍，  
最多约2.0质量%的铜，和  
最多约1.4质量%的钒

5 (优选，剩余物为Fe和不可避免的杂质)。

即，对选自Mn、Mo、Cr、Ni、Cu和V的一种或多种合金元素，其封拦到铁基粉末混合物中的方法没有特别的限制。该方法可以仅仅是混合，但优选以部分合金钢粉末或预合金钢粉末的形式将它们包含到铁基金属粉末中。可以结合使用这些添加方式。

10 另一发明的优选实施方案将具体解释如下。

图1，显示烧结铁基粉末金属体制备步骤的一个实例。作为原材料粉末，使用铁基金属粉末、石墨粉末和，进一步地，一种合金粉末。

作为所用的铁基金属粉末，其组成中含有，以质量%计，最多约0.05%的碳，最多约0.3%的氧，最多约0.010%的氮，剩余物为Fe和不可避免的杂质是合  
15 适的。

即，优选C最多约0.05%，O最多约0.3%，N最多约0.010%，以便防止可压缩性因该粉末硬化而降低，并使该烧结粉末金属体的密度达到约7.3 Mg/m<sup>3</sup>或更高。优选该铁基金属粉末中，N的含量为最多约0.0050质量%。

鉴于可压缩性，优选O含量尽可能低。O是不可避免要包含的元素，其下限  
20 理想地为约0.02%，这样的水平不会增加经济成本，并且在工业上也可实施。从工业化节约的角度看，优选O 的含量是从约0.03~约0.2质量%。以同样的方式，从工业化节约的角度看，优选的C含量和N含量的下限值为约0.0005质量%。从通常工业用的铁基金属粉末以外的原料粉末侵入该烧结粉末金属体的N和O可以忽略。

25 另外，对用于本发明的铁基金属粉末的颗粒尺寸没有特别的限制，并且颗粒尺寸平均约30 ~ 约120  $\mu$ m是理想的，因为它们在工业上能以降低的成本生产。将平均颗粒尺寸定义为颗粒尺寸重量累积分布的中点值(d50)。

另外，在另一项发明中，在上述组成以外，可含有选自以下一组的一种或多种元素：以质量%计，

30 最多约1.2%的锰，

最多约2.3%的钼,  
最多约3.0%的铬,  
最多约5.0%的镍,  
最多约2.0%的铜, 和  
5 最多约1.4%的钒。

作为Mn、Mo和V优选含量的参考, Mn最多约1.0质量%, Mo最多约2.0质量%和V最多约1.0质量%。为了增加该烧结体的强度或增强可硬化性, 根据需要可选择并加入Mn、Mo、Cr、Ni、Cu和V中的任一种。这些合金元素可以与铁基金属粉末预合金, 或者可将合金粉末的颗粒部分扩散并与铁基金属粉末颗粒  
10 粘合, 或者可作为一种金属粉末(合金粉末)混合。

另外, 可结合使用上述封拦法, 例如, 对每一个准备加入的元素, 选择并结合最佳的合并方法可以看作一种合适的实施方案。在这些情况的每一种情况下, 为了避免一些不利影响—由于该烧结粉末金属体的硬度增加而导致再压实时压实载荷增加, 优选分别将它们的上限确定为: 最多约1.2质量%的锰, 最多  
15 约2.3质量%的钼, 最多约3.0质量%的铬, 最多约5.0质量%的镍, 最多约2.0质量%的铜, 最多约1.4质量%的钒。

鉴于该烧结粉末金属体的质量, 对于Mn、Mo、Cr、Ni、Cu和V中每一种元素含量的下限没有特别的限制, 但为了将它们和作为杂质的封拦物区分开, 作为添加剂, 它们的下限确定为大约Mn: 0.01质量%、Mo: 0.01质量%、Cr:  
20 0.01质量%、Ni: 0.01质量%、Cu: 0.01质量%、V: 0.01质量%。

除了上述所提到的成分之外, 这些组件的剩余物优选包含Fe和不可避免的杂质。该不可避免的杂质包括含量分别低于上述下限的Mn、Mo、Cr、Ni、Cu和V。作为其它杂质, 例如可允许有至多约0.1质量%的磷, 最多约0.1质量%的硫和最多约0.2质量%的硅。从工业化生产率上考虑, 这些杂质元素的含量下限  
25 可定义在约0.001质量%的磷, 约0.001质量%的硫和约0.005质量%的硅。

在含有上述之外的其它杂质元素和添加元素的情况下, 优选该烧结粉末金属体组合物中含有至少约85%的铁, 以便在再压实时保持压实载荷更低, 并确保该再烧结体的强度。

作为原材料粉末之一的石墨粉末以占铁基金属粉末和石墨粉末混合物总量的  
30 约0.03 ~ 约0.5质量%包含到该铁基粉末混合物中, 以确保该烧结体的预定强

度或在热处理时增加其可硬化性。为了不造成对该烧结组件强度提高作用的不充分，石墨粉末的含量优选约0.03质量%或更多。另一方面，为了避免在再压实过程中产生过大的压实载荷，优选该含量为约0.5质量%或更少。因此，铁基粉末混合物中石墨粉末的含量优选占铁基金属粉末和石墨粉末总量的约0.03 ~ 5 约0.5质量%。

另外，例如为了避免铁基粉末混合物中的石墨粉末离析，可将蜡、锭子油等添加到铁基粉末混合物中，以便改善石墨粉末与铁基金属粉末颗粒表面之间的结合。另外，可以应用离析防护性处理来改善石墨粉末颗粒与铁基金属粉末表面之间的结合，该处理公开于例如日本公开特许公报1-165701和5-148505。

10 另外，除了原材料粉末之外，为了在压实时改善压实密度并减小从模具中的剥离力，可以进一步添加润滑剂。可用的润滑剂包括：例如硬脂酸锌、硬脂酸锂、亚乙基双硬脂酰胺、聚乙烯、聚丙烯、热塑性树脂粉末、聚酰胺、硬脂酰胺、油酸和硬脂酸钙。润滑剂的含量优选占铁基金属粉末和石墨粉末总量10 0重量份的约0.1~ 约0.6重量份。此发明适合冷压/再压实步骤，因此还可优选润  
15 滑剂以便适合冷加工。

要混合铁基粉末混合物，可采用通常已知的混合方法，例如使用亨舍尔混合机或谷物型混合机的混合法。

然后将按照上述组成和比例混合的铁基粉末混合物压实成密度约7.3 Mg/m<sup>3</sup>或更高的预成型品，当该预成型品的密度约7.3 Mg/m<sup>3</sup>或更高时，铁基金属  
20 粉末各颗粒之间的接触面积增加，从而促进金属原子通过接触面的体积扩散或面扩散，或者引起下一步预先烧结过程中，颗粒表面彼此之间在很宽范围上熔融，以致在再压实过程中获得大的延伸性从而达到高变形性。

在压实过程中，可采用已知的压实技术，特别是阴模压模技术。例如，每种压实方法都是优选的，例如模具润滑法、使用裂模的多阶段模塑法、CNC挤压法、流体静力学挤压法、热压法、日本公开特许公报11-117002中描述的压实  
25 方法或者这些方法的结合方法。另外，可单独或结合使用滚轧成形法。在上述压实方法中，鉴于尺寸精度和生产成本，合适的是冷压法（而不是上述的热成型法）。日本公开特许公报11-117002所描述的压实方法中，模塑装置包括具有模塑空间的型工，并且用于挤压该粉末混合物的上冲杆及下冲杆嵌入该型工中。  
30 这时，该模塑空间包括较大直径部分，上冲杆将嵌入其中，和较小直径部分，

下冲杆将嵌入其中,并且有一渐变部分连接它们。这时,为增加模塑空间体积,一凹口设置在面对型工模塑空间的端面的外周缘上,上冲杆和下冲杆中之一或两者和其相对。通过使用上述结构的设备,施压后压坯的跳回或剥离力受到限制,能容易地制造高密度的压坯。

5 然后,将该预成型品预先烧结制成烧结粉末金属体。

在第一个实施方案中,优选在非氧化气氛中进行预先烧结,其中氮气分压约30kPa或更低,并且温度约1000℃~约1300℃。当预先烧结的温度低于约1000℃时,游离石墨的剩余量有时会增加,其会在随后步骤中的再次烧结期间形成拉长的孔隙,这些孔隙成为大应力下使用的最终产品中的缺陷,其会降低强度。

10 另一方面,如果预先烧结的温度超过约1300℃,由于改善可变形性的作用已经饱满,所以为了避免显著增加制造成本,优选其上限确定为约1300℃。为此,预先烧结的温度优选定义在从约1000℃到1300℃。

在本发明中,预先烧结优选在氮气分压约30 kPa或更低的非氧化气氛中进行,如在真空中,在氩气或氢气中。低的氮气分压对降低烧结粉末金属体中的氮含量更为有利。优选的气氛是,例如氢气浓度约70体积%或更多的氢气-氮气混合物。另一方面,当氮气的分压超过约30 kPa时,要将烧结粉末金属体中氮的含量减少到约0.010质量%或更少就困难了。对确定氮气分压的下限没有特别的要求,但工业可行的水平为 $10^{-5}$  kPa。这和后面将要描述的退火处理中的也一致。

20 预先烧结的加工时间可以根据目的或条件而适当设定,通常在约600 ~ 约7200秒的范围进行。

另一方面,当以第二实施方案代替第一实施方案时,本发明者发现,在无限的气氛中对预成型品进行预先烧结后,在比预先烧结温度低的温度下进行退火,能显著改善烧结粉末金属体的可变形性(可冷锻性)。其原因目前还不总是很明显,但据观察,烧结粉末金属体中的N含量通过进行退火而降低。据认为,退火的脱氮作用是烧结粉末金属体可变形性得到改善的原因之一。也就是,据估计,在退火步骤中,预先烧结体中进行的向 $\alpha$ -相的转化降低了氮对铁基基质的溶解性,导致氮浓度降低。另外,也可以采用脱氮而非退火,但考虑到经济性或为了不出现对烧结粉末金属体可变形性不利的影响,最优选使用  
30 退火。

f.36 当为了改善可压缩性而减少该烧结粉末金属体中的N时，先于退火的预先烧结，其气氛没有特别限制。然而，在该预先烧结的气氛中，优选氮气的分压为约95 kPa或更低，以便保证在该烧结金属体中，N的含量约0.010质量%或更少。另外，为了防止氧化造成的硬化，优选使用非氧化气氛。

5 为了在烧结粉末金属体中保持氮含量约0.010质量%或更少，优选在约400℃ ~ 约800℃范围内的温度进行预先烧结之后的退火。这是因为在约400℃ ~ 约800℃的退火温度范围内，减少氮含量的效果最佳。另外，退火的气氛优选是非氧化的，其原因与预先烧结步骤的原因一样。另外，脱氮效率可以通过将退火步骤气氛中氮的分压限制为约95 kPa或更少而得到更大改善。退火时气氛  
10 中的氮气分压和预先烧结时气氛中的氮气分压可不必相同。

另外，退火的时间优选在约600 ~ 约7200秒的范围内。退火时间约600秒或更长的退火能提供充分的降氮效果。另一方面，如果退火时间超过约7200秒，由于该效果已经不再增加，鉴于生产率，该上限优选约7200秒。进一步优选的下限为约1200秒而且进一步优选的上限为约3600秒。

15 另外，预先烧结和随后的退火可以连续进行，不将材料从进行预先烧结的烧结炉中取出也没有问题。即，材料可以预先烧结后，冷却到介于约400℃和约800℃之间的温度，然后在该温度退火。另外，可将材料预先烧结，冷却到低于约400℃，然后在约400℃~约800℃时进行退火。另外，不要求温度始终保持一恒定值，其可以在约400℃~约800℃的温度范围内逐渐冷却。在逐渐冷却  
20 的过程中，可以降低冷却的速率，结果，相对于以常规冷却速率通过该温度范围所花的时间（约2400秒），其需要约600~约7200秒，优选约3600~约7200秒的附加时间。

将该烧结粉末金属体再压实形成再压实组件。

通过上述步骤获得的本发明烧结粉末金属体，其能够用已知方法再压实，  
25 然后再烧结和/或热处理，以便形成高强度和高密度的铁基烧结体。由于本发明的烧结粉末金属体具有高可变形性，所以再压实步骤更优选采用从成本和尺寸精度来看具有优势的冷锻法。

接下来，对另一项高强度和高密度的铁基烧结体的制造方法进行解释说明。

30 即，此发明的第一个实施方案提供了一种铁基烧结体的制造方法，该方法

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**